

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR05/000895

International filing date: 25 March 2005 (25.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR  
Number: 10-2004-0020270  
Filing date: 25 March 2004 (25.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 30 June 2005 (30.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office

출 원 번 호 : 특허출원 2004년 제 0020270 호  
Application Number 10-2004-0020270

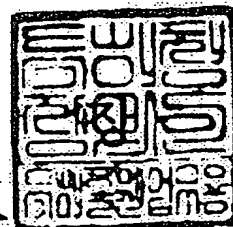
출 원 일 자 : 2004년 03월 25일  
Date of Application MAR 25, 2004

출 원 인 : 에피밸리 주식회사  
Applicant(s) EPIVALLEY CO., LTD

2005 년 06 월 09 일

특 허 청

COMMISSIONER



**【서지사항】**

**【서류명】** 특허출원서  
**【권리구분】** 특허  
**【수신처】** 특허청장  
**【참조번호】** 0001  
**【제출일자】** 2004.03.25  
**【발명의 국문명칭】** III-질화물 반도체 발광소자  
**【발명의 영문명칭】** III-Nitride Compound Semiconductor Light Emitting Device  
**【출원인】**  
**【명칭】** 에피밸리 주식회사  
**【출원인코드】** 1-2000-040161-2  
**【발명자】**  
**【성명의 국문표기】** 박은현  
**【성명의 영문표기】** PAKR, Eun-Hyun  
**【주민등록번호】** 710520-1783511  
**【우편번호】** 463-835  
**【주소】** 경기도 성남시 분당구 야탑동 매화마을 대창빌라 802동 40  
5호  
**【국적】** KR  
**【발명자】**  
**【성명의 국문표기】** 유태경  
**【성명의 영문표기】** Y00, Tae Kyung  
**【주민등록번호】** 600306-1042718  
**【우편번호】** 449-912  
**【주소】** 경기도 용인시 구성읍 마북리 629 삼거마을 삼성레미안  
115-603  
**【국적】** KR  
**【심사청구】** 청구

**【취지】** 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 출원인  
에피밸리 주식회사 (인)

**【수수료】**

**【기본출원료】** 27 면 38,000 원

**【가산출원료】** 0 면 0 원

**【우선권주장료】** 0 건 0 원

**【심사청구료】** 20 항 749,000 원

**【합계】** 787,000 원

**【감면사유】** 중소기업

**【감면후 수수료】** 393,500 원

**【첨부서류】** 1.요약서·명세서(도면)\_1통 2.중소기업기본법시행령 제2조에 의한 중소기업에 해당함을 증명하는 서류[사업자등록증사본1통, 원천징수이행상황신고서1통]\_1통

## 【요약서】

### 【요약】

본 발명에 따른 III-질화물 반도체 발광소자는 종래의 P-AlInGaN층 위에 제 1층인 N 또는 P형 실리콘카바이드(SiC)층 또는 실리콘카본나이트라이드(SiCN)층 또는 카본나이트라이드(CN)층을 형성하고, 그 제 1층 상단에 제 2층에 해당하는 일정 두께의 P-Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>2</sub>N층을 성장하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에서 제시하는 방법에 따라 제 1층과 제 2층을 종래의 P-AlInGaN층위에 성장할 경우 제 2층 박막이 제 1층 박막과 상이한 물질 특성 때문에 제 2층 박막이 100 옹스스트롱에서 수십마이크론 크기로 뭉쳐 섬모양을 형성하는 특성을 나타낸다. 이렇게 형성된 제 2층 표면의 요철은 기존의 발광소자 내부의 광간섭 현상을 개선하여 발광소자의 외부양자효율을 증대시킬 수 있다. 본 발명에 따라 제작된 발광 소자는 기존의 발광 소자와 비교하여 외부 양자효율(External Quantum Efficiency)을 개선할 수 있는 이점이 있다.

### 【대표도】

도 2

### 【색인어】

GaN, 외부양자효율, SiC, SiCN, CN, LED, rough surface

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

Ⅲ-질화물 반도체 발광소자{Ⅲ-Nitride Compound Semiconductor Light Emitting Device}

### 【도면의 간단한 설명】

- <1> 도 1은 종래의 Ⅲ-질화물 반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도,
- <2> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 Ⅲ-질화물 반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도,
- <3> 도 3a-3c는 본 발명에 따른 형성된 제 1층과 제 2층의 단면도,
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 발광소자의 표면 SEM 사진,
- <5> 도 5a-5b는 본 발명에 따른 발광소자의 표면 AFM 이미지,
- <6> 도 6은 본 발명에 따라 제작된 발광소자의 제 1층의 두께에 따른 상대 광출력을 나타낸 그래프,
- <7> 도 7은 본 발명에 따른 제 1층의 두께에 따른 표면의 요철 사진.

### 【발명의 상세한 설명】

### 【발명의 목적】

### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <8> 본 발명은 획기적인 방법을 이용하여 발광소자의 상부 표면에 요철을 형성하여 발광소자의 외부양자효율을 극대화하는 Ⅲ-질화물 반도체 발광소자에 관한 것이

다.

<9> 도 1은 종래의 III-질화물 반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도이다.

<10> 도 1을 참고하면, 종래의 III-질화물 반도체 발광소자는, 사파이어 기판(10) 상에, 도펀트가 도핑되지 않은 GaN으로 이루어진 버퍼층(11), n-GaN으로 이루어진 하부접촉층(12), 단일양자우물구조 또는 다중양자우물구조를 가지는 활성층(13), 및 p-GaN으로 이루어진 상부접촉층(14)을 순차적으로 적층한 후에, 하부접촉층(12)이 노출되도록 메사식각하고 전극으로 사용될 전극층(15, 17, 18)들을 형성한 후에 보호막(16)을 형성함으로써 이루어진다. 이 도면은 일반적인 AlInGaN계 발광소자의 도면으로 필요에 따라서 모든 층에서 변형을 주어 소자의 제작하기도 한다.

<11> 반도체 발광소자에 있어서 피할 수 없는 근본적인 문제중의 하나가 반도체 발광다이오드와 주변의 공기와의 비유전율(Dielectric constant)차이로 인하여 반도체 발광다이오드에서 발생된 광의 많은 부분이 반도체 발광다이오드 내부에 갇히는 현상이 발생하게 된다. 이와 마찬가지로 AlInGaN계 발광다이오드도 그 물질의 refractive index가 약 2.5로 주변에 공기의 refractive index 1과 비교하여 1.5이상 크다. 따라서 이런 인덱스차이로 인하여 AlInGaN계 발광다이오드의 활성층에서 발생된 광의 많은 부분이 소자안에 갇혀서 내부에서 열로 소멸하게 된다. 이론적으로 계산하면 활성층에서 발생된 광의 약 80%정도가 소자안에서 갇혀 소멸하게 된다. 이런 광갇힘 현상이 심한 소자 즉 외부양자효율이 낮은 소자는 많은 광이 내부에 갇혀 열로 소멸하게 되므로 소자의 온도를 증가시켜 소자의 수명 및 특성에 좋지 않는 영향을 주게 된다. 이런 광갇힘 현상을 개선하는 것은 소자의 외부 양자

효율을 증가시켜 발광소자의 출력을 최대화 할 수 있는 면에서 매우 중요하다. 특히 최근들어 AlInGaN계 발광소자를 이용하여 기존의 조명을 대체하려는 연구가 급속히 진행되고 있는 상황에서 외부 양자 효율을 개선하는 것은 매우 중요한 부분으로 지적되고 있다.

<12>        이런 외부 양자 효율을 개선하는 방법으로 Cree사의 경우 발광소자의 Chip모양을 기계적으로 가공하여 개선하기도 하고, 또 일부 논문에서는 Chemical etching이나 Dry etching 기법을 이용하여 표면을 거칠게 만들어 외부 양자 효율을 개선하기도 한다. 또한 최근 들어서는 P-층의 성장시 압력이나 온도 및 가스 flow등의 성장 조건을 이용하여 박막 품질을 저하시키면서 표면을 거칠게 만들기도 한다. 앞에서 언급한 기계적인 가공일 경우 SiC와 같은 기판에서는 용이하나 그 강도가 큰 사파이어 기판일 경우 거의 불가능하다. 또한 Chemical 이나 Dry 에칭 기법을 이용할 경우 거칠게 만들 수 있는 면적에 있어서 제한이 있으며, 또한 기존 LED 공정에 다시 에칭 공정이 추가되므로 공정이 복잡해지는 문제가 있다. 또한 그 재현성 및 균일성에 있어서 문제가 있다. 이런 추가적인 공정이 필요한 방법보다는 앞에서 마지막에 언급한 박막성장 조건을 변경하여 표면을 거칠게 만드는 것이 후속 공정을 고려하면 바람직하다. 그러나 기존의 성장조건을 극한으로 왜곡하여 표면을 거칠게 만드는 방법의 경우 성장되는 박막의 품질저하를 피할 수 없다. 또한 이런 효과를 얻기 위해서는 상당히 두꺼운 층이 성장되어야 한다. 따라서 이렇게 품질이 나쁜층을 일정두께 이상으로 성장시키면 비록 소자의 외부 양자효율을 증가시킬 수 있어도, 소자의 신뢰성에는 치명적인 문제를 야기할 수 있다.



### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <13> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 발광소자의 전기적 특성의 손상이 없이 기존의 III-질화물 발광다이오드의 표면에 요철을 형성하여 발광소자의 외부 양자효율을 극대화하는데 있다.

### 【발명의 구성】

- <14> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 III-질화물 반도체 발광소자는, 종래의 III-질화물 반도체 발광소자의 P-AlInGa<sub>N</sub>층 위에 제 1층인 N 또는 P형 실리콘카바이드(SiC)층 또는 실리콘카본나이트라이드(SiCN)층 또는 카본나이트라이드(CN)층과 같은 탄소함유화합물층을 형성하고, 그 제 1층 상단에 제 2층에 해당하는 일정두께의 P-Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N층을 성장하는 것을 특징으로 한다.

- <15> 본 발명에서 제시하는 방법에 따라 제 1층과 제 2층을 종래의 P-AlInGa<sub>N</sub>층 위에 성장할 경우 제 2층 박막이 제 1층 박막과 상이한 물질 특성 때문에 제 2층 박막이 100 옴스스트롱에서 수십마이크론 크기로 뭉쳐 섬(island)을 형성하는 특성을 나타낸다.

- <16> 도 2는 본 발명에 따른 발광소자의 일예를 나타내는 대표도이다. 종래의 P-GaN 위에(14) 실리콘카바이드(SiC)층 또는 실리콘카본나이트라이드(SiCN)층 또는 카본나이트라이드(CN)층으로 구성되는 제 1층(20)이 성장되고 그 위에 요철을 가지는 AlInGa<sub>N</sub>층(21)이 형성되는 것이 대표적인 특징이다.

- <17> 종래의 III-질화물 반도체 발광소자의 P-AlInGa<sub>N</sub>층 위에 제 1층인 N 또는 P형

실리콘카바이드(SiC)층 또는 실리콘카본나이트라이드(SiCN)층 또는 카본나이트라이드(CN)층을 형성하는 방법에 대해서 자세히 기술하면 다음과 같다.

<18> 1. Si<sub>a</sub>C<sub>b</sub>층 형성.

<19> 본 발명에서는 SiC층을 형성하기 위해서 실리콘 공급 소스로 금속유기물(Metal Organic) 소스의 일종인 DTBSi를 사용하였으며, 카본 공급 소스로 금속유기물(Metal Organic) 소스의 일종인 CBr<sub>4</sub>를 사용하였다. 이 소스들을 사용한 이유는 두 소스 모두 저온에서 열분해가 쉽게 일어나서 기존의 CH<sub>4</sub>나 SiH<sub>4</sub> 등의 Hydride source를 사용한 것에 비해서 저온에서 SiC층을 형성할 수 있는 장점이 있다. 그러나 본 발명에서는 SiC층을 형성하는데 있어서 그 사용 Source를 DTBSi와 CBr<sub>4</sub>로 한정하는 것은 아니다. AlInGaN층 위에 SiC층을 형성하는데 있어서 중요한 사항은 SiC층의 성장도중에는 질소 공급체를 사용하지 않으므로 그 SiC층의 성장온도 및 성장시간이 매우 중요하다. 온도가 극도로 높거나 시간이 길어지면 AlInGaN층에서 질소기가 이탈하여 표면에 Al, In, Ga과 같은 메탈들의 뭉침 현상이 발생되게 된다. 이렇게 메탈 뭉침현상이 발생되게 되면 고품질의 박막성장이 불가능해지며, 또한 소자를 제작하였을 경우 누설전류 및 신뢰성과 같은 소자 특성에 나쁜 영향을 끼치게 된다.

<20> 본 발명에 따른 SiC층은 AlInGaN층 위에 조건에 따라 무결정(amorphous), 복합결정(poly-crystal), 단일결정(Crystal) 형태로 다양하게 구성될 수가 있다. 이

런 특성은 SiC층의 성장온도에 따라 변할 수 있다. 복합결정이나 단일결정시  $\text{Si}_a\text{C}_b$ 의 a,b는 각각 0이 아닌 값을 가진다.

<21> 또한, 본발명에 따른 SiC층의 성장온도는, AlInGaN층의 일반적인 성장온도 700℃ 이상 1200℃ 이하이므로, 500℃ 이상 1100℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.

<22> 또한, 본 발명에 따른 SiC층의 두께는 5 옹그스트롬 이상 1000 옹그스트롬 이하로 구성하는 것이 바람직하다. 두께가 두꺼워질수록 위에 성장되는 AlInGaN층은 요철이 심해지는 경향을 보이거나 과도하게 두꺼워질 경우 박막의 품질이 나빠지게 되고 또한 앞에서 언급한 것과 같이 SiC 성장도중 아래층의 AlInGaN층의 질소가 분해되어 메탈 뭉침 현상이 발생되게 된다. 따라서 그 두께를 1000 옹그스트롬 이하로 하는 것이 바람직하다.

<23> 또한, 본 발명에 따른 SiC층의 도핑은, 불순물(예: N-도펀트: 원소주기율표 V족원소, P-도펀트: 원소주기율표 III족 원소)을 사용한 N 또는 P 도핑된 층이거나 또는 의도적으로 도핑을 하지 않았으나 자발적으로 형성된 N층인 것으로 구성될 수 있다. P-AlInGaN 위에 N-SiC층을 성장할 경우 터널링 효과를 이용하는 경우에 속하게 된다.

<24> 2.  $\text{Si}_a\text{C}_b\text{N}_c$ 층 형성.

<25> 본 발명에서는 SiCN층을 형성하기 위해서 실리콘 공급 소스로 금속유기물(Metal Organic) 소스의 일종인 DTBSi를 사용하였으며, 카본 공급 소스로 금속유기물(Metal Organic) 소스의 일종인  $\text{CBr}_4$ 를 사용하고 질소 공급 소스로 암모니아 또는

DMHy를 사용하였다. 앞서서도 언급한 것과 같이 이 소스들을 사용한 이유는 저온에서 열분해가 쉽게 일어나서 기존의  $\text{CH}_4$ 나  $\text{SiH}_4$ 등의 Hydride source를 사용한 것에 비해서 저온에서 SiCN층을 형성할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 그러나 본 발명에서는 SiCN층을 형성하는데 있어서 그 사용 Source를 DTBSi,  $\text{CBr}_4$ ,  $\text{NH}_3$  또는 DMHy로 한정하는 것은 아니다. AlInGaN층 위에 SiCN층을 성장할 경우 질소 공급기로써 암모니아, 하이드라이진계 소스, 또는 암모니아 및 하드라진계 소스를 사용하므로, SiC층을 형성할 경우와 비교하여 박막성장 도중 아래의 AlInGaN층상의 메탈 침현상을 억제할 수 있는 장점이 있다. 이는 SiCN 박막성장 도중 지속적으로 질소가 공급되므로 AlInGaN층의 질소가 이탈하는 것을 방지할 수 있게 된다. 그러나 SiC층과 비교하여 SiCN층을 이용할 경우 단점은 그 물질의 구성이 복잡하여 SiC와 비교하여 그 박막 재현성이 약간 떨어질 수 있다. 그러나 그 위에 성장되는 AlInGaN층의 요철의 면에서는 SiC층이나 SiCN층의 경우 큰 차이가 없다.

<26> 본 발명에 따른 SiCN층은 AlInGaN층위에 조건에 따라 무결정(amorphous), 복합결정(poly-crystal), 단일결정(Crystal) 형태로 다양하게 구성될 수가 있다. 복합결정이나 단일결정시  $\text{Si}_c\text{C}_d\text{N}_e$ 의 c,d,e는 0이 아닌 값을 가진다. 또한, 본발명에 따른 SiCN층의 성장온도는, AlInGaN층의 일반적인 성장온도  $700^\circ\text{C}$ 이상  $1200^\circ\text{C}$ 이하이고,  $500^\circ\text{C}$ 이상  $1100^\circ\text{C}$ 이하로 하는 것이 바람직하다.

<27> 또한, 본 발명에 따른 SiCN층의 두께는 5 옹그스트롬 이상 1000 옹그스트롬 이하로 구성하는 것이 바람직하다. 두께가 두꺼워질수록 위에 성장되는 AlInGaN층

은 요철이 심해지는 경향을 보이거나 과도하게 두꺼워질 경우 박막의 품질이 나빠지게 된다. 따라서 그 두께를 1000옹그스트롱 이하로 하는 것이 바람직하다.

<28> 또한, 본 발명에 따른 SiCN층의 도핑은, 불순물(예: N-도펀트: 원소주기율표 V족원소, P-도펀트: 원소주기율표 III족 원소)을 사용한 N 또는 P 도핑된 층이거나 또는 의도적으로 도핑을 하지 않았으나 자발적으로 형성된 N층인 것으로 구성될 수 있다. P-AlInGaN 위에 N-SiCN층을 성장할 경우 터널링 효과를 이용하는 경우에 속하게 된다.

<29> 3.  $C_fN_g$ 층 형성.

<30> 본 발명에서는 CN층을 형성하기 위해서 카본 공급 소스로 금속유기물(Metal Organic) 소스의 일종인  $CBr_4$ 를 사용하였으며, 질소 공급 소스로 암모니아, 하이드라이진계 소스, 또는 암모니아 및 하이드라진계 소스를 사용하였다.  $CBr_4$ 를 사용한 이유는 저온에서 열분해가 쉽게 일어나서 저온에서 CN층을 형성할 수 있는 장점이 있다. 그러나 본 발명에서는 CN층을 형성하는데 있어서 카본 소스로  $CBr_4$ 만으로 한정을 하는 것은 아니다. CN층의 경우 박막 성장도중에 지속적으로 질소 소스(암모니아, 하이드리아진)가 공급되므로 SiC와 달리 CN 성장도중에 아래의 AlInGaN층의 질소 이탈과 같은 문제가 발생되지 않는 장점이 있다.

<31> 본 발명에 따른  $C_fN_g$ 층은 AlInGaN층위에 조건에 따라 무결정(amorphous), 복합결정(poly-crystal), 단일결정(Crystal) 형태로 다양하게 구성될 수 있다. 이런

특성은 CN층의 성장온도 등의 조건에 따라 변할 수 있다. 복합결정이나 단일결정시  $C_fN_g$ 층의  $f, g$ 는 0이 아닌 값을 가진다.

<32> 또한, 본발명에 따른  $C_fN_g$ 층의 성장온도는, AlInGaN층의 일반적인 성장온도 700℃ 이상 1200℃이하이므로, 500℃ 이상 1100℃이하로 하는 것이 바람직하다.

<33> 또한, 본 발명에 따른  $C_fN_g$ 층의 두께는 5 옹그스트롬 이상 1000옹그스트롬 이하로 구성하는 것이 바람직하다. 두께가 두꺼워질수록 위에 성장되는 AlInGaN층은 요철이 심해지는 경향을 보이거나 과도하게 두꺼워질 경우 박막의 품질이 나빠지는 경향이 있다. 이는 근본적으로  $C_fN_g$ 층과 AlInGaN층 사이의 격자 부정합이 주요 원인이다.

<34> 또한, 본 발명에 따른  $C_fN_g$ 층의 도핑은, 불순물(예: N-도펀트: 원소주기율표 V족원소, P-도펀트: 원소주기율표 III족 원소)을 사용한 N 또는 P 도핑된 층이거나 또는 의도적으로 도핑을 하지 않았으나 자발적으로 형성된 N층인 것으로 구성될 수 있다. P-AlInGaN 위에 N- $C_fN_g$ 층을 성장할 경우 터널링 효과를 이용하는 경우에 속하게 된다.

<35> 앞에서 언급한 제 1층인 N 또는 P형 실리콘카바이드(SiC)층 또는 실리콘카본 나이트라이드(SiCN)층 또는 카본나이트라이드(CN)층을 형성함에 있어서 도 3a-3c에 나타나 있는 것과 같이 불균일층 또는 균일층으로 구성될 수 있다. 이런 불균일 또는 균일층의 형성은 제 1층의 두께 및 박막 품질 등에 따라 좌우될 수 있다. 예로

제 1층은 아래의 AlInGaN층과 완전히 상이한 물질로 구성되는 층이므로 그 격자부정합 등의 원인으로 단일 크리스탈 형태로 성장될 경우 불균일층으로 성장이 될 수 있다. 도 3a는 불연속으로 형성된 제 1층(31)의 막사이에서 AlInGaN층이 요철을 가지고 형성된 모양(32)을 나타낸다. 도 3b는 균일하게 형성된 제 1층(33)의 박막 위에 AlInGaN층이 요철을 가지고 형성된 모양(34)을 나타낸다. 도 3c는 불균일층의 다른 예로서 요철을 가지는 AlInGaN층이 제 1층(35)의 사이 및 위에 요철을 가지면서 형성된 모양(32,34)을 나타낸다. 본 발명에 따른 요철을 가지는 구조는 도 3a-3c의 3가지 경우 모두를 포함할 수 있다.

<36> 종래의 III-질화물 반도체 발광소자의 P-AlInGaN층 위에 앞에서 언급한 제 1층인 N 또는 P형 실리콘카바이드(SiC)층 또는 실리콘카본나이트라이드(SiCN)층 또는 카본나이트라이드(CN)층을 형성하고, 제 1층 상단에 제 2층에 해당하는 일정두께의 P-Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N층을 성장함에 있어서 그 구성 및 특성을 아래에서 설명한다.

<37> 도 3a-3c에 나타나 있듯이 제 1층(20)인 N 또는 P형 실리콘카바이드(SiC)층 또는 실리콘카본나이트라이드(SiCN)층 또는 카본나이트라이드(CN)층 위에 제 2층(21)인 AlInGaN층을 성장하면 두 층간의 격자 상수와 같은 서로 상이한 물질 특성으로 인하여 제 2층(21)이 섬(island) 모양으로 뭉치게 된다. 이는 마치 Wetting이 잘 안되는 물질 위에 물을 흘렸을 경우 물이 방울방울 뭉치는 현상을 상상하면 쉽게 이해가 된다.

<38> 도 3에 나타나 있듯이 제 1층이 불균일층(31)일 경우 홈을 중심으로 제 2층

의 AlInGaN층(32)이 성장되면서 요철을 이루게 되고, 제 1층이 균일층(33)일 경우 제 1층 위에 무작위로 초기 AlInGaN층 Seed가 형성되고 그것을 중심으로 섬(34)을 이루며 요철을 형성하게 된다.

<39> 제 2층 박막 두께에 따라서 요철의 정도를 조절할 수 있고, 또한 제 1층의 두께 역시 요철의 밀도에 중요한 역할을 하게 된다.

<40> 도 4는 본 발명에 따라서 형성된 요철을 가지는 AlInGaN층의 전자현미경(SEM)의 이미지이다. 도 4에서 밝은 부분이 섬모양으로 형성된 AlInGaN층이고 어두운 부분이 제 1층에 해당하는 부분이다. 그 크기는 작게는 수천 옹그스트롱에서 10 마이크로론 내외까지 다양한 모양으로 구성되어 있다. 이들의 크기 및 모양은 성장된 AlGaInN층의 두께에 따라서 변할 수 있다. 표면에 요철이 잘 형성되어 있음을 알 수 있다. 앞에서 언급 했듯이 이렇게 형성된 요철은 활성층에서 발광되는 빛의 외부 양자 효율을 극대화할 수 있게 된다.

<41> 도 5a-5b는 본 발명에 따라서 형성된 요철을 AFM장비를 이용하여 측정한 표면 이미지이다. AFM 장비는 앞에서 언급한 SEM장비와 달리 더 좁은 영역의 3차원 이미지를 정확히 얻을 수 있는 장비이다. 도 5a는 요철을 가지는 임의의 1.5um x 1.5um영역의 표면 이미지이다. 그 크기가 수백에서 수 마이크로론까지 다양한 모양으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 도 5b는 도 5a 이미지의 단면 profile을 나타낸 도면이다. 미세 요철 구조물의 단면이 사다리꼴 형태로 형성되어 있는 것을 알 수 있다. 그 요철면의 경사각은 작게는 10도에서 크게는 60도 이상까지 구성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 이런 경사면은 입사되는 광의 진로 각을 변경시켜 외



부 양자 효율을 증가시키게 된다.

<42> 도 6은 본 발명에 따른 요철을 가지는 발광소자의 제 1층(20)의 두께에 따른 광출력의 증가를 나타낸 그래프이다. 요철이 없는 기존 발광소자 대비 최대 광출력이 2배 이상 증가됨을 알 수 있다. 제 1층의 두께에 따라서 표면의 요철이 심해지므로 요철이 심해질수록 광출력이 증대됨을 알 수 있다.

<43> 도 7은 제 1층의 두께에 따른 요철의 정도를 현미경사진으로 비교한 자료이다. 첫 번째 사진은 정상적인 발광다이오드의 표면 사진이며, 두 번째 사진은 SiC를 약 10 옹그스트롬 처리한 경우, 세 번째 사진은 SiC를 약 20 옹그스트롬 처리한 경우이다. 이때 SiC두께는 성장속도를 기반으로 한 예측치이며, 실제적으로 약간의 차이가 있을 수 있다. 도 7에 나타났듯이 SiC 처리 두께가 두꺼워질수록 표면의 거칠기가 증가함을 알 수 있다.

<44> 본 발명에 따라서 요철을 가지는 발광다이오드를 구성함에 있어서 아래의 실시예와 같은 방법으로 구성 할 수 있다.

<45> **실시예 1.**

<46> III-질화물 반도체 발광소자에 있어서, 기존의 상부 P-메탈 접촉층을 형성하는 P-GaN층 상단에, 제 1층인 N형-실리콘카바이드( $\text{Si}_a\text{C}_b$ )층 또는 N형-실리콘카보나이트라이드( $\text{Si}_c\text{C}_d\text{N}_e$ )층 또는 N형-카보나이트라이드( $\text{C}_f\text{N}_g$ )층( $a, b, c, d, e, f, g \neq 0$ )을 5 옹그스트롬 이상 1000 옹그스트롬 이하로 형성하고 그 제 1층 상단에 제 2층인 P-GaN층 ( $x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ )을 100 옹그스트롬 이상 5000 옹그스트

롱 이하로 성장하는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

<47>           **실시예 2.**

<48>           III-질화물 반도체 발광소자에 있어서, 기존의 상부 P-메탈 접촉층을 형성하는 P-GaN층 상단에, 제 1층인 P형-실리콘카바이드( $\text{Si}_a\text{C}_b$ )층 또는 P형-실리콘카본나이트라이드( $\text{Si}_c\text{C}_d\text{N}_e$ )층 또는 P형-카본나이트라이드( $\text{C}_f\text{N}_g$ )층( $a, b, c, d, e, f, g \neq 0$ )을 5 옹그스트롱 이상 1000 옹그스트롱 이하로 형성하고 그 제 1층 상단에 제 2층인 P-GaN층 ( $x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ )을 100 옹그스트롱 이상 5000 옹그스트롱 이하로 성장하는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

<49>           **실시예 3.**

<50>           III-질화물 반도체 발광소자에 있어서, 기존의 상부 P-메탈 접촉층을 형성하는 P-GaN층 상단에, 제 1층인 N형-실리콘카바이드( $\text{Si}_a\text{C}_b$ )층 또는 N형-실리콘카본나이트라이드( $\text{Si}_c\text{C}_d\text{N}_e$ )층 또는 N형-카본나이트라이드( $\text{C}_f\text{N}_g$ )층 ( $a, b, c, d, e, f, g \neq 0$ )을 5 옹그스트롱 이상 1000 옹그스트롱 이하로 형성하고 그 제 1층 상단에 제 2층인 P-GaN층 ( $x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ )을 100 옹그스트롱 이상 5000 옹그스트롱 이하로 성장하고 제 2층위에 제 3층에 해당하는 N-GaN층 ( $x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ )을 5 옹그스트롱 이상 200옹그스트롱 이하로 구성하는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자. 이 경우 제 3층에 해당하는 층은 터널링 효과 개념을 이용하여 삽입된 층이다.

<51>           **실시예 4.**

<52>           Ⅲ-질화물 반도체 발광소자에 있어서, 기존의 상부 P-메탈 접촉층을 형성하는 P-GaN층 상단에, 제 1층인 P형-실리콘카바이드( $\text{Si}_a\text{C}_b$ )층 또는 P형-실리콘카본나이트라이드( $\text{Si}_c\text{C}_d\text{N}_e$ )층 또는 P형-카본나이트라이드( $\text{C}_f\text{N}_g$ )층( $a, b, c, d, e, f, g \neq 0$ )을 5 옹그스트롬 이상 1000 옹그스트롬 이하로 형성하고 그 제 1층 상단에 제 2층인 P-GaN층 ( $x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ )을 100 옹그스트롬 이상 5000 옹그스트롬 이하로 성장하고, 제 2층위에 제 3층에 해당하는 N-GaN층 ( $x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ )을 5 옹그스트롬 이상 200 옹그스트롬 이하로 구성하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ-질화물 반도체 발광소자. 이 경우 제 3층에 해당하는 층은 터널링 효과 개념을 이용하여 삽입된 층이다.

<53>           **실시예 5.**

<54>           실시예 1,2,3,4에서 기술된 발광소자에 있어서, 상기 요철을 가지는 표면층 전극층이 니켈, 금, 은, 크롬, 티타늄, 백금, 팔라듐, 로듐, 이리듐, 알루미늄, 주석, IT0, 인듐, 탄탈륨, 구리, 코발트, 철, 루테튬, 지르코늄, 텅스텐, 및 몰리브덴으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 Ⅲ-질화물반도체 발광소자.

<55>           상기 실시예에 기재된 제 1층 및 제 2층의 두께의 의미를 이해하는데 있어 당업자가 주의해야할 것은 본 발명의 제 1층이 불균일층일 경우에 제 2층의 두께를 어떻게 이해해야할 것인가인데 이 경우에 제 2층의 두께는 제 1층을 균일층으로 가

정하고 그 표면으로부터의 두께로 이해해도 좋을 것이다. 본 출원인이 이러한 설명을 덧붙이는 것은, 탄소함유화합물과 III-질화물계 화합물반도체 간의 격자상수를 포함하는 물질특성의 이질성을 이용하는 본 발명의 특성상 제 1층을 이상적인 균일층의 형태로 성장시키는 것은 쉽지 않은 일이며 본 발명에 있어 본질적인 것도 아니므로 제 1층 및 제 2층의 두께와 관련한 해석에 있어 쓸데없는 다툼을 피하기 위함이다.

### 【발명의 효과】

<56> 발명의 구성에서 자세하게 설명이 된바와 같이, 본 발명에 의하면 활성층 상측에 본 발명의 고유한 방법으로 효과적인 요철을 형성하여 발광소자의 외부 양자 효율을 극대화할 수 있다. 이는 본 발명에서 제안하는 발광소자의 구조가 활성층에서 발광된 빛이 요철면에서 굴절되면서 효과적으로 소자 밖으로 탈출할 수 있는 구조를 갖기 때문이다.

## 【특허청구범위】

### 【청구항 1】

N형 III-질화물 반도체층, N형 III-질화물 반도체층 위에 놓이는 III-질화물 반도체 활성층, III-질화물 반도체 활성층 위에 놓이는 P형 III-질화물 반도체층, 그리고 P형 III-질화물 반도체층 위에 놓이는 P형 전극층을 포함하는 III-질화물 반도체 발광소자에 있어서, 상기 발광소자는:

상기 P형 III-질화물 반도체층과 상기 P형 전극층 사이에 놓이며, 상기 P형 III-질화물 반도체층 위에 성장되고 탄소함유화합물로 된 제 1층;과 제 1층이 성장된 후에 성장되는 III-질화물 반도체층으로 된 제 2층;을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

### 【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

제 2층은 복수 개의 섬(island)으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

### 【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

제 1층은 실리콘카바이드 ( $\text{Si}_a\text{C}_b$  ;  $a, b \neq 0$ ), 실리콘카본나이트라이드 ( $\text{Si}_c\text{C}_d\text{N}_e$  ;  $c, d, e \neq 0$ ), 카본나이트라이드 ( $\text{C}_f\text{N}_g$  ;  $f, g \neq 0$ )로 이루어진 군으로부터 선택된 하

나 의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 4】**

제 3 항에 있어서,

상기 N형 III-질화물 반도체층, 상기 III-질화물 반도체 활성층, 상기 P형 III-질화물 반도체층, 그리고 제 2층은  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  ( $x+y+z=1$ )로 이루어지고,

상기 제 2층은 제 1층과의 다른 물질 특성으로 인해 복수 개의 섬(island)으로 성장되는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 5】**

제 3 항에 있어서,

제 2층은 P형 III-질화물 반도체층인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 6】**

제 4 항에 있어서,

제 2층은 P형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  ( $x+y+z=1$ )인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 7】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

제 1층은 5 옹그스트롬 이상 1000 옹그스트롬 이하의 두께를 가지는 것을 특

정으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 8】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

제 1층은 500℃ 이상 1100℃ 이하의 온도에서 성장되는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 9】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

제 1층은 P형 탄소함유화합물층인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 10】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

제 1층은 N형 탄소함유화합물층인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 11】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

제 1층은 불균일층인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 12】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

제 1층은 균일층인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 13】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

제 2층은 100 옹그스트롱 이상 5000 옹그스트롱 이하의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 14】**

제 6 항에 있어서, 상기 발광소자는:

제 2층의 성장후에 성장되는  $Al_xGa_yIn_zN(x+y+z=1)$ 로 된 제 3층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 15】**

제 14 항에 있어서,

제 3층은 5 옹그스트롱 이상 200 옹그스트롱 이하의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 16】**

제 3 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

P형 전극층은 니켈, 금, 은, 크롬, 티타늄, 백금, 팔라듐, 로듐, 이리듐, 알루미늄, 주석, ITO, 인듐, 탄탈륨, 구리, 코발트, 철, 루테튬, 지르코늄, 텅스텐, ZnO 및 몰리브덴으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나의 물질인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.



**【청구항 17】**

제 3 항에 있어서,

제 1층 성장에 사용되는 Si 공급 소스는  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{Si}_2\text{H}_6$ , DTBSi로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나의 물질이며, C 공급 소스는  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{CBr}_4$  로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나의 물질이며, N 공급 소스는  $\text{NH}_3$ , Hydrazine계 소스로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나의 물질인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

**【청구항 18】**

기판(10);

기판(10) 위에 놓이는 버퍼층(11);

버퍼층(11) 위에 놓이는 N형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 층(12);

N형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 층(12) 위에 놓이는  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  활성층(13);

$\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  활성층(13) 위에 놓이는 P형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 층(14);

P형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 층(14) 위에 성장되고, 실리콘카바이드( $\text{Si}_a\text{C}_b$ ;  $a, b \neq 0$ ), 실리콘카본나이트라이드( $\text{Si}_c\text{C}_d\text{N}_e$ ;  $c, d, e \neq 0$ ), 카본나이트라이드( $\text{C}_f\text{N}_g$ ;  $f, g \neq 0$ )로 이루어진 군으로부터 선택된 하나의 물질로 이루어진 제 1층(20);

제 1층이 성장된 후 성장되고, 외부양자효율을 높이기 위한 복수 개의 섬

로 구성되며, P형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 로 이루어진 제 2층(21);

제 2층 위에 놓이는 P형 전극층(17);

N형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 층(12) 위에 놓이는 N형 전극층(18);을 포함하는 것을 특징으

로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

#### **【청구항 19】**

제 18 항에 있어서,

P형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 층(14) 및 P형  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ 로 이루어진 제 2층(21)은 GaN인 것을

특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

#### **【청구항 20】**

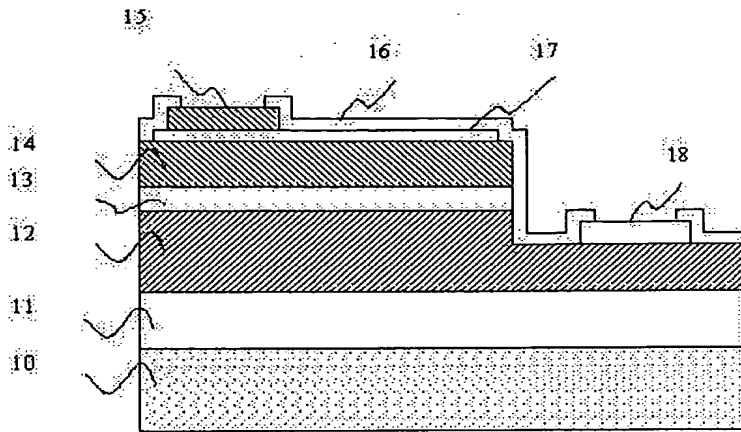
제 18 항에 있어서,

상기 발광소자는 발광 다이오드인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발

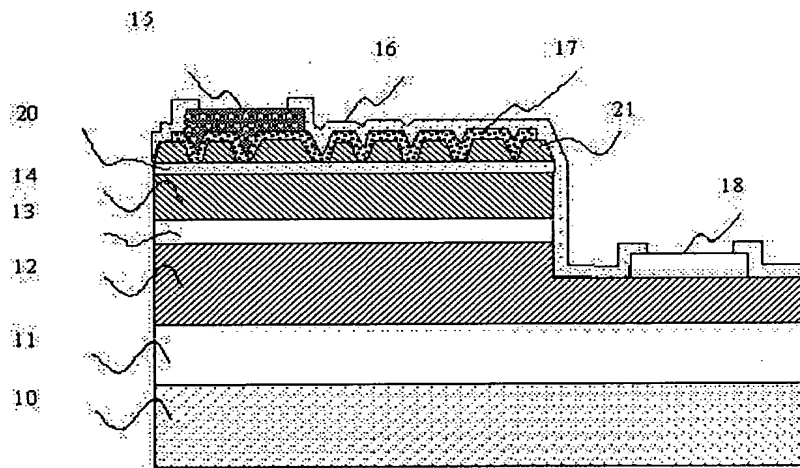
광소자.

【도면】

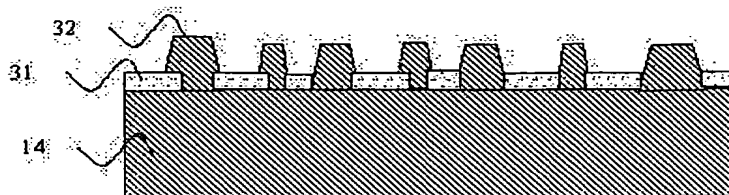
【도 1】



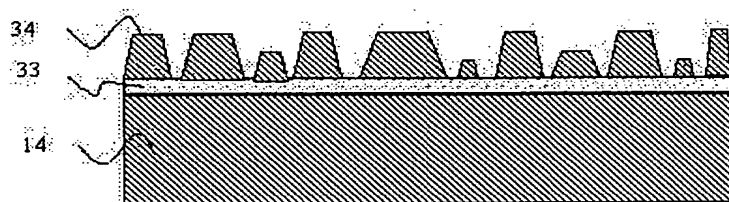
【도 2】



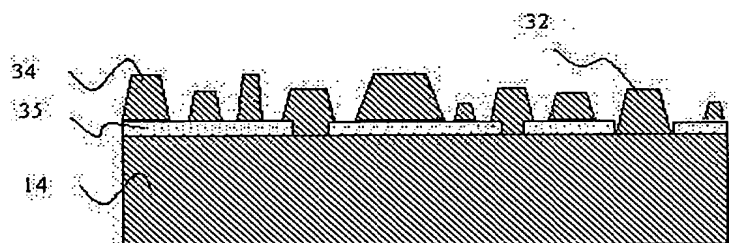
【도 3a】



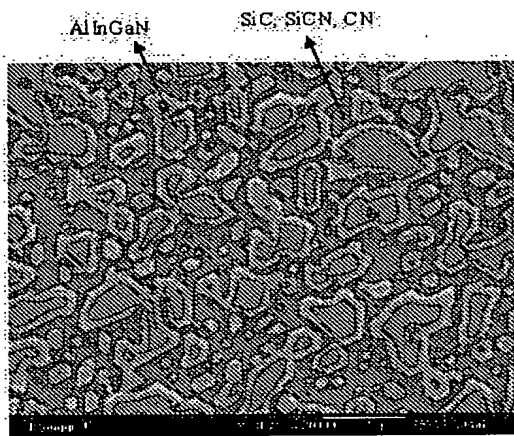
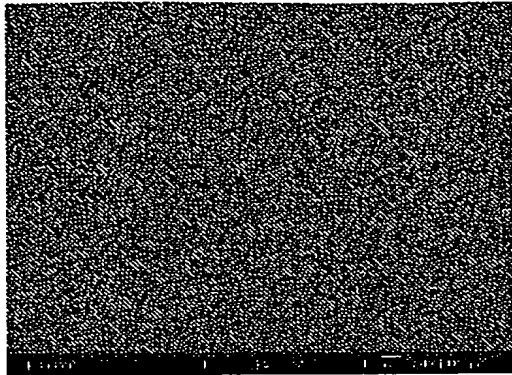
【도 3b】



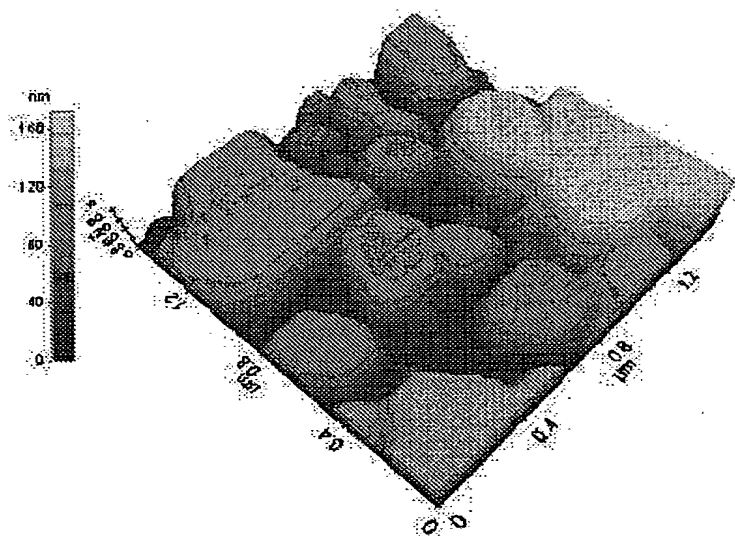
【도 3c】



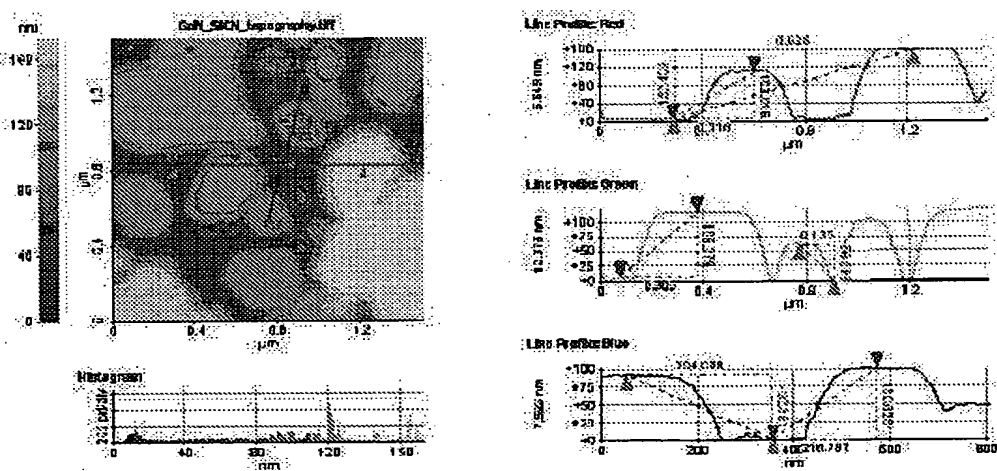
【도 4】



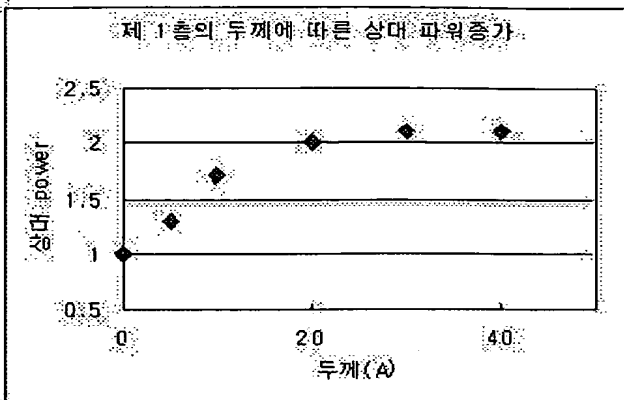
【도 5a】



【도 5b】



【도 6】



【도 7】

